

Verbindung von Metallstrukturen und Kunststoffbauteilen

Kunststoffe und Metalle direkt fügen

Aufgrund des Leichtbaupotentials und der Großserientauglichkeit besteht seitens der Fahrzeugindustrie der Wunsch Kunststoffbauteile, wie beispielsweise faserverstärkte gepresste Thermoplastbauteile, in tragenden Strukturen einzusetzen. Daraus ergibt sich ein Bedarf an hochwertigen, preiswerten Fügeverfahren für Metall-Kunststoff-Verbindungen.

Das im Rahmen des DLR-Projekts „Neuartige Fahrzeugstrukturen (NFS)“ gemeinsam mit dem Kompetenzzentrum Fahrzeugleichtbau (KFL) am Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung entwickelte Direktfügeverfahren bietet neue Lösungen mit Schubfestigkeiten bis über 45 MPa an. Dies entspricht annähernd einer Verdopplung der Schubfestigkeit gegenüber Strukturklebungen.

Ausgangssituation

Wegen des Zusammenhangs zwischen dem Energieverbrauch und den zu bewegenden Massen sind Anstrengungen zur Reduktion der Strukturgewichte in der Verkehrsbranche erforderlich. Ziel ist es, dem Trend der stetigen Gewichtserhöhung von Fahrzeugen entgegen zu wirken, und damit die begrenzten Grundressourcen sowie die Umwelt zu schonen.

Eine der vielversprechendsten technischen Lösungen zur Reduktion der Strukturgewichte ist das Multi-Material-Design, das die kombinierte Anwendung verschiedener Werkstoffe mit ihren jeweiligen spezifischen Eigenschaften vorsieht. Diese Konstruktionsmethode ermöglicht eine lokale Anpassung der Materialien an die unterschiedlichen lokalen Anforderungen, um an jeder Stelle der Struktur eine möglichst optimale Lösung zu finden.

Um Bauteile im Multi-Material-Design sicher verbinden zu können, bekommen Füge Technologien eine wachsende Bedeutung. Derzeit werden beispielsweise Strukturklebungen eingesetzt, die gute und hochfeste Verbindungen ermöglichen. Allerdings hängen ihre Eigenschaften stark von Parametern wie der Vorbehandlung, dem Fugespalt und der Belastungsart ab.

Mechanische Verbindungselemente erreichen in der Regel nicht die hohen Schubfestigkeiten einer Klebung, bieten aber einen höheren Widerstand bei Schälzugbelastungen und die Vorteile einer schnellen Montage.

Neben den genannten Verbindungstechniken erfordert die Vielzahl möglicher Materialkombinationen verbunden mit den fügetechnischen Herausforderungen der Zugänglichkeit, den Bauteiltoleranzen, den Taktzeiten und den Kosten immer wieder neue hochwertige preiswerte Fügeverfahren.

Idee

Um eine neue alternative Lösung anzubieten, wird zurzeit die Übertragung eines für Luftfahrtanwendungen am Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt entwickelten neuartigen Schweißverfahrens (das direkte

Thermoplast-Metall-Schweißverfahren, abgekürzt Direktfügeverfahren) auf Anwendungen mit fahrzeugtauglichen Werkstoffen untersucht.

Das Grundprinzip dieses Verfahrens ist die Ausnutzung der natürlichen Klebeigenschaften der flüssigen Kunststoffe bzw. Polymere. Während des Fertigungsverganges wird ein Teil des zu fügenden Kunststoffs aufgeheizt und mit der zu fügenden Metallstruktur durch Druck verbunden. Materialübergänge können damit so gestaltet werden, dass der Einsatz solcher Fügungen in hoch gekrümmten, belasteten Umgebungen möglich wird.

Durch den exklusiven Einsatz der zu fügenden Werkstoffe wird die Umwelt geschont. Die Trennung der Fügung für Reparaturen oder am Ende des Lebenszyklus der Strukturen erfolgt fast ohne Abfallprodukte, weil die beiden Werkstoffe der Fügungen rezyklierfähig sind.

Verwendete Materialien und Eigenschaften

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden Verbindungen aus Aluminium- und Stahlblechen mit kurzfaserverstärktem Polyamid 6 und Polypropylen hergestellt. Es wurden Aluminiumbleche (AlMg3) mit einer Dicke von 1,2 mm, Stahlbleche der Güte DC04 mit einer Dicke von 1,5 mm sowie Spritzgussplatten aus Polyamid 6 und

Polypropylen mit jeweils einem Glasfasergehalt von 30 % und eine Dicke von 1,2 mm verwendet.

Die Tabelle fasst Eigenschaften zusammen, die für die Bewertung der Fügequalität relevant sind. Die meistens Daten wurden in Datenblättern oder in der Literatur gefunden. Da keine Werte über die Schubfestigkeiten der Metalle gefunden worden sind, sind diese Daten anhand von jeweils mindestens fünf Schubversuchen ermittelt worden. Es wurde auch hier angenommen, dass die Schubfestigkeit des Polypropylens gleich der interlaminaeren Schubfestigkeit von endlosfaserverstärktem Polypropylen ist.

Gewählte Prozesse

Für die Herstellung der Proben wurden zwei vorhandene Prozesse verwendet. Der erste Prozess ist das Vakuumkonsolidieren.

Autoren

Dr. Yves Toso
Tel. +49 711 6862 699
yves.toso@dlr.de
Dipl.-Ing. Leonhard Häberle
Tel. +49 711 6862 464
leonhard.haerberle@dlr.de
Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung
Dipl.-Ing. Elmar Beeh
Tel. +49 711 6862 8311
elmar.beeh@dlr.de
Teamleiter Fahrzeugkonzepte und -strukturen
Institut für Fahrzeugkonzepte
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Pfaffenwaldring 38-40
D-70569 Stuttgart

Werkstoff		E-Modul [GPa]	Zugfestigkeit [MPa]	Schubfestigkeit [MPa]
Metall	Aluminium	70	190-240	128
	Stahl	190	270-350	247
Kunststoff	PA 6	1,5-3,2	60-90	40-55
	PP	0,65-1,3	18-38	8-24

Tabelle

Verwendete Materialien und einige Eigenschaften

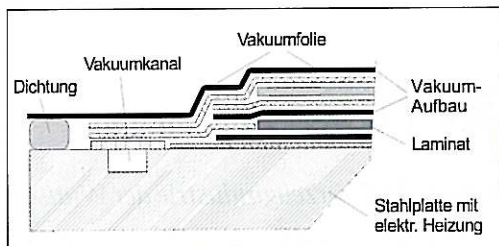


Bild 1
Prinzip des Vakuumkonsolidierungsverfahrens

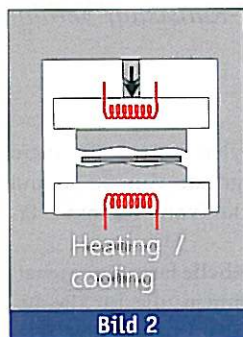


Bild 2

Heißpressverfahren

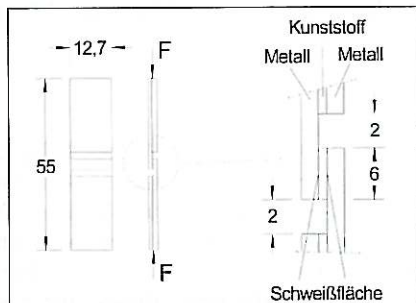


Bild 3

Probengeometrie der Druck-Schub-Probe

dierungsverfahren (Bild 1), das für die Fertigung mit hoher Bauteilqualität geeignet ist und für die Herstellung von Luftfahrtkomponenten eingesetzt wird. Da dieser Prozess sehr zeitintensiv ist, diente er für die Herstellung von Referenzproben.

Neben dem Vakuumkonsolidierungsverfahren wurde das Heißpressverfahren (Bild 2) verwendet, da dieser Prozess automobilaugliche Taktzeiten in Aussicht stellt. Dieses Verfahren ermöglicht auch eine bessere Prozesskontrolle und eine höhere Wiederholbarkeit, da sowohl die Heiz- als auch die Temperier- und Abkühlphasen gesteuert werden können.

Prüfversuche

Für die Ermittlung der Fügequalität wurden Druck-

Schubproben verwendet. Bild 3 zeigt Skizzen der Probengeometrie. Ihre Fertigung wurde in zwei Arbeitsschritten durchgeführt. Im ersten Schritt wurde eine kurzfaserverstärkte Platte zwischen zwei metallische Platten gelegt, und die Fügungen wurden entweder im Vakuumkonsolidierungsverfahren oder im Pressverfahren hergestellt. Im zweiten Arbeitsschritt wurden die Proben geschnitten und die Nuten gefräst.

Anschließend wurden die Proben in eine Prüfvorrichtung gebracht und getestet. Während der Prüfung wird die Kraft über die Stirnseiten der Proben (Bild 3) eingeleitet.

Gewonnene Ergebnisse

Mit den Druck-Schub-Proben wurde ein Prozessparameterfens-

ter ermittelt. Bild 4 fasst die maximalen, ermittelten Werte zusammen. Dieses Bild zeigt, dass die mechanischen Eigenschaften von Fügungen mit kurzfaserverstärktem Polypropylen schlechter sind als diejenigen mit kurzfaserverstärkten Polyamid 6. Grund dafür sind sicherlich die niedrigeren mechanischen Eigenschaften von Polypropylen (s. Tabelle).

Außerdem zeigen sich zwischen Stahl und Aluminium als Fügepartner zum Teil erhebliche Unterschiede. Ein Grund hierfür ist sicherlich die verschiedene Oberflächenaffinität zwischen den Fügepartnern.

Die in Bild 4 dargestellten Schubeigenschaften zwischen dem kurzfaserverstärkten Polyamid 6 und Aluminium einerseits und zwischen dem kurzfaserverstärkten Polyamid 6 und Stahl andererseits sind sehr hoch im Vergleich zu üblichen Strukturklebstoffen. Gründe dafür sind die hohen mechanischen Eigenschaften von Polyamid 6 und eine sehr gute Oberflächenhaftung.

Fazit

Mit Ausnahme der Stahl-PP-Fügungen ist die im Laufe dieser Untersuchungen erreichte Fügequalität zwischen den gewählten Metallen und den kurzfaserverstärkten Thermoplasten fast ideal, da nahezu die maximalen Schubfestigkeiten der Thermoplaste (Tabelle), die die schwächsten Glieder der Fügungen sind, erreicht werden (Bild 4). Die gewonnenen Ergebnisse zeigen auch, dass eine annähernde Verdopplung der Schubfestigkeiten gegenüber Strukturklebungen mit diesem Verfahren erreicht werden kann. Daraus ergibt sich, dass dieses Verfahren eine potentielle Alternative zu vielen Strukturklebungen darstellt. Dem kostengünstigen Leichtbau durch den Einsatz faserverstärkter Thermoplaste in der Fahrzeugstruktur können durch dieses Verfahren neue Anwendungsfelder erschlossen werden.

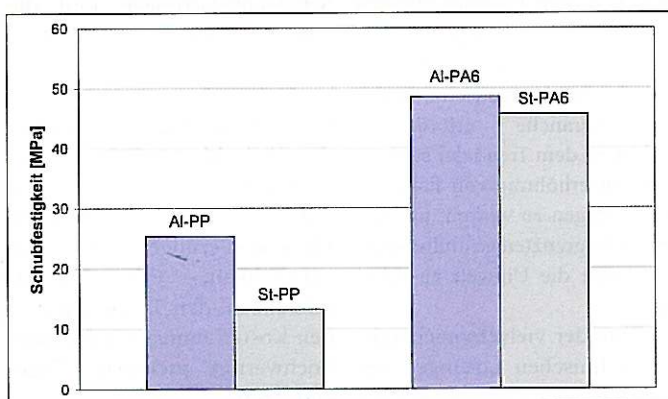


Bild 4

Schubfestigkeiten

Sicherheit mit Hightech-Compounds

Auf der Fakuma 2009 präsentiert Kraiburg TPE innovative Hightech-Lösungen, die in unterschiedlichsten Branchen einen echten Mehrwert bieten. Den hohen Sicherheitsanspruch der Medizin- und Pharmatechnik erfüllt das Unternehmen mit den acht Compound-Serien der neuen Produktserie Thermolast M. Sie ermöglichen

eine Verarbeitung bis zum Haftungsrisiko des indirekten Blutkontakts: Das Material kann somit in direktem Kontakt zu Medien stehen, die in den menschlichen Blutkreislauf gelangen.

Höhere Temperaturbeständigkeit bei gleichzeitiger Gewichts- und somit Kraftstoffreduktion: Das versprechen die Hoch-

leistungs-TPE Hipex des Unternehmens und entsprechen damit den aktuellen Wünschen der Automobilbranche. Denn mit ihrer Hochtemperaturbeständigkeit bis zu 170 °C bei gleichzeitiger Medienbeständigkeit beispielsweise gegenüber Motoröl, Getriebeöl oder Fetten bieten die TPE dieselben Eigen-

schaften wie Hochleistungs-Gummicompounds. Ihr Einsatzgebiet reicht von Dichtungsanwendungen im Kfz-Motorenbereich und zukünftig über Schläuche und Rohre bis hin zu Kabeln.

Kraiburg TPE GmbH & Co.KG
D-84478 Waldkraiburg
Tel.: +49 (0) 8638.9810-278
www.kraiburg-tpe.com